Background Paper BP-254E

FORESTS AND GLOBAL WARMING

Thomas Curren
Science and Technology Division

April 1991

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

Research Branch

92-00313/

The Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultation in their respective fields of expertise.

© Minister of Supply and Services Canada 1991

Cat. No.

ISBN

YM32-2/254E
0-660-14104-3

CE DOCUMENT EST AUSSI PUBLIÉ EN FRANÇAIS

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

TABLE OF CONTENTS

Page

CANADA'S FORESTS..... 2

THE FOREST ENTERPRISE..... 3

FORESTS AS A CARBON SINK..... 4

FOREST MANAGEMENT..... 6

FORESTS AND FIRE..... 8
A. Wildfire..... 9
B. Slashburning..... 13

IMPACTS OF GLOBAL WARMING ON FORESTS..... 15

CONCLUSION..... 23

SELECTED REFERENCES..... 24

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

FORESTS AND GLOBAL WARMING

Forests cover almost one-half of Canada's land mass, an area representing about 10% of the world's forested land. They have a vitally important place in this country's environmental mosaic and strongly influence climate, watersheds, wildlife and fisheries habitats. Canada's forests also have a profound cultural and heritage value for Canadians. In 1989, a national poll showed that three-quarters of Canadians "...see the forest as a national treasure, to be held in trust for future generations."(1)

Forests are as important to Canada's economic health as they are to the country's environmental integrity. The forest sector is a major provider of employment, and a major source of revenue for governments, both federal and provincial. It follows, then, that appropriate management of the forest resource, including its protection and regeneration, is essential to the national well-being.

The "greenhouse effect," which is predicted to result in a significant degree of global warming over the next several decades, is real. Indeed, it is the greenhouse effect that keeps the overall average temperature of the globe at about +15°C. Without this phenomenon, the earth would have an overall average temperature of -18°C, resulting in a climate that would be too cold and harsh for most of the life forms that characterize the rich biological diversity of the earth today. The greenhouse gases which contribute to the heating of the globe include carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (NO), and the chlorofluorocarbons (CFCs).

---

(1) Environics Research Group Limited, *1989 National Survey of Canadian Public Opinion on Forestry Issues - Final Report*, Prepared for Forestry Canada, Toronto, May 1989, p. 9-10.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

The relationship of Canada's forests to climate change and global warming is significant on several levels. Some 50% of the anticipated global warming will be caused by CO_2, a ubiquitous gas which is an integral component of the growth cycle of forests. Healthy, growing forests remove carbon dioxide from the atmosphere and store it as organic carbon in wood fibre. Standing forests, therefore, act as dynamic reservoirs of CO_2 which can affect the concentration of atmospheric carbon dioxide. The reverse of this beneficial biotic activity is the fact that, collectively, forests comprise a massive potential source of carbon dioxide emissions.

Canada's forests are believed to be roughly in balance with the global carbon cycle, removing about as much carbon from the atmosphere as they contribute. Therefore, Canadian forests will be able to moderate the onset of global warming, through sequestration of atmospheric carbon, only to the extent that forest stands can be increased in size.

If significant climate warming occurs, the phenomenon will exert an important, perhaps crucial, impact on Canada's forest resources. A warmer climate and higher future concentrations of CO_2 in the atmosphere will affect the growth, survival, and reproduction of trees in Canada's forests, perhaps even changing the nature, and extent, of those forests. Such changes would have a dramatic, and possibly very negative, impact on the Canadian economy if the harvestable stock of trees is seriously affected under a future climate regime.

CANADA'S FORESTS

To understand the significance of global warming for Canada's forests, and the possible impacts of climate change, it is necessary to know something of the types of forests that grow in this country. There are three principal types of forest around the world which are related to climate regimes. These are the equatorial- and tropical-region forests; the temperate-zone forests; and those forests associated with colder climates. It is this last type that predominates in Canada.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Most Canadian forests lie within the cold-climate boreal belt, the northern circumpolar region which includes Alaska, the Soviet Union (Siberia), Finland, Sweden, and Norway.(2) Temperate-zone forests, more common to parts of the United States, extend into Canada in milder areas along the Pacific coast and in southwestern Ontario. In southern Ontario, the hot, humid summers have allowed the development of a deciduous forest. Moving north through Quebec and Ontario toward the cold-climate boreal forest, one passes through a transitional mixed-wood forest where coniferous and deciduous trees exist in about equal proportions. In British Columbia, a forest dominated by conifers has developed in the cool, temperate maritime climate of the Pacific coast.

Canada's predominant boreal forest is principally composed of coniferous trees, such as pine, spruce, larch and fir. This forest, which represents about 80% of Canada's total forested area, forms the basis of much of the forest industry in Canada. The tree species in this region established themselves some 10,000 years ago after the retreat of the last ice-sheets. These trees have evolved to grow and reproduce in a climate characterized by an extended and very cold winter interval. A change in the climate, therefore, could have profound effects on the growth and reproduction of conifers and could affect the species composition of this region.(3)

THE FOREST ENTERPRISE

Canada's economy has benefitted enormously from the forest resource. Currently, the annual value of shipments from the forest sector exceeds $40 billion. The forest products industry is the largest single industrial sector in Canada, generating an annual trade surplus of almost $20 billion. Canada is the world's largest exporter of forest products and

---

(2) The word "boreal" means related to, or growing in, the northern parts of the northern hemisphere.

(3) C.R. Stanton, "Forest," *The Canadian Encyclopedia*, Second Edition, Volume II, Hurtig Publishers, 1988, p. 810.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

accounted for 21% of total world trade in forestry in 1987.(4) In 1988, the forest sector contributed 3.6% to Canada's gross domestic product.

It has been estimated that the forestry sector provides direct or indirect employment for some 800,000 to one million Canadians. For some 350 Canadian communities, many in northern, rural areas, the forest industry is virtually the only source of economic activity. In many other cities and towns, the industry is very important to the economic base. If this resource were to be intensively managed, as it is in some Scandinavian countries, it has been suggested that the forestry enterprise might continue to form not only a major part of Canada's economic activity, but possibly could even be expanded in the future.(5)

FORESTS AS A CARBON SINK

Carbon dioxide (CO_2) is produced by the combustion of organic carbon compounds, for example in the burning of wood or fossil fuels. It is also a principal by-product of the respiration of living organisms, trees included. In a simplified description of respiration, organic carbon molecules, such as sugars, are combined with oxygen to release energy for life's functions and carbon dioxide is produced as a waste product. The decay of plant material in the presence of oxygen will also release CO_2.

Carbon dioxide is removed from the earth's atmosphere by plants through photosynthesis, a complex series of reactions that combines CO_2, water and energy from the sun to produce organic carbon compounds and oxygen. Without photosynthesis, life on earth essentially would cease to exist. Photosynthesis is carried out by terrestrial and aquatic chlorophyll-bearing ("green") plants. The world's forests collectively

---

(4) J.S. Maini, "Anticipated Climate Change and Forests," Forestry Canada, Background Notes For Presentation to the Standing Committee on Environment, 21 November 1989a.

(5) House of Commons, *Forests of Canada: The Federal Role*, Report of the Standing Committee on Forestry and Fisheries, Sub-Committee on Forestry, Bud Bird, M.P., Chairman, November 1990, p. 2.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

form a major locus of photosynthetic activity and therefore play an important part in the earth's carbon cycle and in the global-warming equation.

As a tree increases in size it accumulates CO_2 from the atmosphere, converting it into the complex organic compounds in wood. As long as the tree is alive and growing, that carbon will remain in storage: hence the description of forests as a "sink" or reservoir for atmospheric carbon. Forest soils store even larger amounts of organic carbon than do forest stands. Also, there are large areas of peat deposits, rich in organic carbon, throughout the northern coniferous forest zone.

The most effective and efficient fixation of atmospheric carbon occurs in the early years of a forest stand when the trees are growing rapidly. At the early stage of growth, trees accumulate more carbon through photosynthesis than they release through respiration. As the stand ages, however, the amount of carbon released through respiration increases. Eventually, the balance will shift to a net loss of carbon to the atmosphere as the sum of carbon emitted through respiration and decay exceeds that sequestered by photosynthesis.

Ultimately, when the stand reaches advanced age and the trees begin to die, the balance will shift predominantly to carbon loss. This observation does not mean, however, that old-growth forests should be cut and replanted with seedling trees for the purpose of increasing the carbon sink. Old-growth forests have intrinsic ecological and cultural values, and a considerable body of evidence indicates that they should be left intact.

Once a tree is cut, some of the carbon may be released back to the atmosphere fairly quickly as the small limbs, bark, foliage, etc., are discarded and burned, or allowed to decay on the forest floor. Similarly, a tree burned in a forest fire will quickly release a large quantity of carbon dioxide, together with a mixture of other gases.

If the tree is used in construction or in other relatively permanent products, the carbon will remain trapped in the wood, perhaps for decades or centuries. If, however, the wood is burned as fuel, or is converted into papers or chemicals which have a limited temporal use-cycle, all of the tree's accumulated carbon may be emitted to the atmosphere in a relatively short period of time.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

The issues of reforestation and deforestation are very important in a consideration of global warming. Reforestation refers to the replanting of trees in a commercial forest after harvest. Deforestation occurs when forested land is converted to other permanent uses, such as agriculture or settlement. Deforestation thus contributes to increasing concentrations of atmospheric CO_2, partly through a reduction in global photosynthetic activity, and partly through the release of the carbon stored in the forest biomass. Most of the world's attention to deforestation is focused on tropical countries, particularly the rainforest of Brazil.

FOREST MANAGEMENT

Forest management is essential to maintain a healthy, productive forest for commercial, recreational, and ecological reasons. In the context of global warming, forest management gains additional importance because a well-managed, vigorously growing forest will more efficiently sequester carbon than a poorly managed stand. Efficient forest management can be a part of the solution to the developing global-warming scenario, particularly the prompt regeneration of harvested areas, either through planting or by natural means, and the reduction of losses of stands to wildfire, insects and disease. The extensive commercial harvesting of trees and the loss of trees from other causes in the developed countries, Canada included, has not always been followed by adequate replanting of stock.

In an appearance before the House of Commons Standing Committee on Environment, Dr. J.S. Maini of Forestry Canada stated that there are 244 million hectares (ha) of inventoried productive forest land in Canada. Of this total, 7%, or 17 million ha, were classified as "NSR" in 1989. Land that is classified as NSR is:

> ...not satisfactorily (or sufficiently) restocked (or revegetated), productive forest land that has been denuded and has failed partially or completely to

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

> regenerate naturally or to be artificially regenerated. The regeneration must contain a minimum number of well-established, healthy trees free-to-grow, sufficient to produce a merchantable timber stand at rotation age.(6)

The key component of this definition is that the trees must form a commercial stand in order not to be regarded as NSR. Although most of these NSR lands are not currently supporting stands of trees of commercial quality, they are covered by foliage of some sort which is sequestering some atmospheric carbon. Dr. Maini informed the Committee that, while reforestation of these 17 million ha would make only a modest contribution to the global carbon balance, it could be a significant factor in Canada's national carbon balance.(7)

In their appearance before the Standing Committee on Environment, Forestry Canada officials stated that the situation with Canada's NSR lands has improved recently: "... during the last five years, through cost-shared programs with the provinces, we have spent about $1 billion in reforestation programs and have planted about 1.3 billion seedlings, and almost 1 million hectares have been treated in the country."(8) The question of NSR backlog remains, however. In 1988, for example, there was a shortfall of 198,000 hectares of forest land that was not regenerated after harvest, either by seeding or through natural processes.(9)

Forestry Canada's testimony to the Environment Committee also stated that the federal government would participate with the provinces in replanting the NSR backlog, "... provided the provinces and the industry look after the current cutters."(10) The Director of Forestry Development for Forestry Canada suggested that if no more NSR lands are created, and if funding through federal-provincial forestry agreements were

---

(6) J.S. Maini (1989a).

(7) *Ibid.*

(8) J.S. Maini, House of Commons, *Minutes of Proceedings and Evidence of the Standing Committee on Environment*, Issue No. 22, 21 November 1989b, p. 22:11.

(9) Forestry Canada, 1991-92 *Estimates, Part III Expenditure Plan*, p. 26.

(10) J.S. Maini (1989b), p. 22:16.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

directed totally at backlog, then, with "...a sustained level of planting the backlog could probably be rehabilitated within 10 or 20 years."(11)

In the context of forest management and the restocking of NSR lands, the matter of federal-provincial forestry agreements is important. Most of Canada's forested areas fall under provincial jurisdiction. The principal type of federal-provincial forestry agreement in Canada is the "Federal-Provincial Forest Resource Development Agreements" (FRDA) which are administered by the federal and provincial governments. In 1989, there were FRDAs between the federal government and the governments of Newfoundland, Nova Scotia, Prince Edward Island, Ontario, Saskatchewan, Alberta, and British Columbia. The federal government also signed agreements other than FRDAs with New Brunswick, Quebec and Manitoba.

Most of the federal-provincial forestry agreements have now expired, including the FRDAs with Ontario, Saskatchewan and Alberta (31 March 1989) and those with Newfoundland and British Columbia (31 March 1990). The non-FRDA agreements with Quebec and Manitoba have also expired. New agreements were signed with Nova Scotia and New Brunswick near the end of March 1990. In February 1991, it was announced that a new FRDA had been negotiated between the federal government and British Columbia. New agreements with the other provinces are currently under negotiation.

FORESTS AND FIRE

Fire in a forested area, whether wildfire or controlled burning, has an obvious relevance to the global warming issue: fires result in the rapid liberation of large amounts of CO_2 and smaller amounts of other gases, including methane, a much more potent greenhouse gas than carbon dioxide. Destruction of forest stands also will reduce the total amount of photosynthesis and therefore contribute to an increase in atmospheric concentrations of CO_2.

---

(11) John Forster, House of Commons, *Minutes of Proceedings and Evidence of the Standing Committee on Environment*, Issue No. 22, 21 November 1989, p. 22:17.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

It is incorrect, however, to conclude that fires are entirely destructive and negative events in the forest environment. The boreal forest has evolved with fire as a frequent and significant environmental factor:

> The overwhelming impact of wildfires on ecosystem development and forest composition in the boreal forest is readily apparent and understandable. Large contiguous expanses of even-aged stands of spruce and pine dominate the landscape in an irregular patchwork mosaic, the result of periodic severe wildfire years and a testimony to the adaptation of boreal forest species to natural fire over millenia. The result is a classic example of a fire dependent ecosystem, capable, during periods of extreme fire weather, of sustaining the very large, high intensity wildfires which are responsible for its existence.(12)

A. Wildfire

Forest fires, particularly in areas remote from human settlement, can cover enormous areas. The so-called Great China Fire in the early spring of 1987 on the China-USSR border burned over 1.1 million hectares. At the same time there were much larger fires burning in the boreal forests of Siberia in the USSR, some covering an area of 2 million ha. In total, up to 50 fires in Siberia in 1987 are estimated to have consumed approximately 10 million hectares of forest.

Forest fire incidence in Canada has been extensively studied, and detailed fire statistics have been collected since 1920. The data show that the annual fire frequency has increased steadily over the last six decades, from about 6,000 fires annually in the 1930-1960 period, to almost 10,000 fires annually during the 1980s. The increasing numbers of fires have been ascribed to the impacts of a growing Canadian population leading to increased forest use, and also to an expanded capability of detecting fires in more remote areas.

---

(12) Brian J. Stocks, "The Extent and Impact of Forest Fires in Northern Circumpolar Countries," Chapman Conference on Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications, Williamsburg, Virginia, March 19-23, 1990 (in press). [unless otherwise indicated, the data presented below are from this paper]

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

The number of fires does not necessarily give an indication of the area burned, and in fact that area fluctuates tremendously each year. From 1920 to 1960, the area burned by forest fires in Canada actually decreased, but increased dramatically during the 1980s, primarily as a consequence of periods of short-term extreme fire weather in western and central Canada. The annual average number of fires and area burned in Canada for the 1980-1989 period were 9,618 and 2.44 million ha, respectively. In 1989, the worst fire year on record, there were more than 11,000 fires in Canada and the burned area was greater than 6.4 million hectares.(13)

As of September 1990, the 1990 fire season in Canada was described as "average," with 9,057 fires being reported.(14) Total hectarage, at 839,570 ha in lost stands, was well below the average for the 1980-1989 period. Much of the hectarage lost in 1990 was in Western Canada, with the Yukon and Northwest Territories and Saskatchewan accounting for 51.6% of the total area burned. Manitoba, which was the location of enormous fires in 1989, recorded 482 fires and a total of 16,794 ha burned. The jurisdiction with the greatest hectarage was Ontario, with 181,252 ha burned. As is typical in forest fire scenarios, a relatively small number of fires accounted for the bulk of the area burned: in 1990, 4% of the fires burned 54.6% of the hectarage.

The relationship between forest fires and multiple uses of the forest by Canadians is reflected in the statistics on causes of fires: some 65% of fires are caused by human activities and the remainder, 35%, by lightning. However, this latter cause accounts for 85% of the area burned because such fires occur randomly and in more remote areas. This delays detection of the fire and makes access difficult for fire-fighters, which in turn frustrates quick initial attack, and means that the fire may be well-established before mitigation efforts can be brought to bear.

---

(13) Brian J. Stocks, "Global Warming and the Forest Fire Business in Canada," Canada/United States Symposium on the Impacts of Climate Change and Variability on the Great Plains; Calgary, Alberta, September 11-13, 1990b (in press).

(14) Forestry Canada, Personal Communication, February 1991.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Forest fire fighting in Canada has become a highly developed activity, and this is reflected by the fact that the vast majority of fires are controlled early: only 2-3% of forest fires in Canada grow larger than 200 ha and these fires account for 97-98% of the total area burned. Over the past seven decades, the percentage of fires in the smaller size classes has increased steadily while the percentage of larger fires has declined, a tribute to the success of fire-management programs.

In many jurisdictions in Canada decisions have been made to allow fires in low-priority areas to run their course, priority being defined on the basis of human values assigned to the forest resource. In Ontario in the 1980s, this resulted in an increased number of larger fires in such areas. The decision has been based partly on economic considerations: remote fires are extremely expensive to fight.

Also, fire, as stated earlier, is a natural component of the boreal ecosystem and plays a dynamic role in forest reproduction and renewal. It should also be noted that when a forest burns in a wildfire, not all of the organic carbon stored in the trees is released to the atmosphere. The portion of the tree below ground (the root system), estimated to comprise about 30% of the total biomass, typically does not burn.

Also, it is estimated that on average only about 20% of the above-ground portion of the tree actually burns, the rest remaining as soil organic matter, or as long-lasting charcoal.(15) Therefore, given that fire in the boreal forest makes a positive contribution to forest renewal, it is possible that forest fires might ultimately result in a net accumulation of carbon in biomass.

Before the onset of conditions very favourable for fire in the last decade, it was generally believed that damage from fires would continue to decline in this country as forest fire management and control further improved. That this has not happened is a portent of what

---

(15) W. Seiler and P.J. Crutzen, 1980: quoted in Christopher P. Da Silva, "Role of the Canadian Forests in the CO_2 Issue," Canadian Climate Centre, Environment Canada, 1 May 1982, p. 18.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

might take place should fire conditions continue to worsen under a new climate regime.

There is now a general awareness within the scientific, and even the political, community that the global burning of biomass has a significant impact on the composition of the atmosphere and on climate warming. While most world attention is focused on the destruction of forests and biomass burning in tropical regions, research is also underway to determine the impact of biomass burning in the northern hemisphere. For several years, Canada and the United States have been cooperatively studying the behaviour and atmospheric environmental impact of large-scale fires in Canada's boreal forest zone.

One result of this research has been the characterization of smoke chemistry associated with fires in the boreal forest. When combined with fire statistics, the data have been used to generate estimates of the contributions of northern hemisphere forest fires to trace gases in the earth's atmosphere. Of the total amount of carbon released during a fire in the boreal forest, 89% is in the form of CO_2 and 9% is carbon monoxide. The remaining 2% is released as methane (CH_4) or non-methane hydrocarbons. The following figures, expressed as grams of gas released per kilogram of carbon burned, have been estimated: carbon dioxide, 1500 g/kg; carbon monoxide, 150 g/kg; methane and total non-methane hydrocarbons, 15 g/kg.

Combining these figures with statistics on the area of forest burned in the northern circumpolar region, estimates have been derived for total trace gas emissions from the region's forest fires. Approximately 70 Teragrams (Tg = trillion grams, or 1 million tonnes) of carbon are consumed in fires annually, on average. This equates to releases of 105 Tg of carbon dioxide; 10.5 Tg of carbon monoxide; and 1.1 Tg of both methane and non-methane hydrocarbons.

These figures have to be viewed in the context of total global emissions of greenhouse gases from biomass burning. The most recent estimate of global biomass burning indicates that 2,000-5,000 Tg of carbon are released each year, the primary contributors being savannah (tropical grassland) burning and the deforestation of tropical areas. Thus, forest fires in the northern circumpolar region contribute about 1.4-3.5% of the

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

carbon released worldwide through biomass burning, assuming that the various estimates are accurate.(16)

Forestry Canada has been developing estimates of the carbon balance of Canada's forest lands: that is, the balance between the carbon released from the forest through respiration, wildfire, commercial harvest, insect and disease impacts, and other disturbances, and the amount of carbon sequestered by foliage from the atmosphere. Obviously, this is an enormous, ,and enormously difficult, proposition, given the immense hectarages involved and the large number of species of trees and other plants.

Nonetheless, the carbon balance of Canadian forests has been estimated, using data from 1986. This work indicates that Canada's forests have a total carbon inventory of 225 billion tonnes, and that there was an excess of carbon accumulation over carbon emissions of 116 million tonnes. Two points should be kept in mind, however. First, the amount of net carbon accumulation for the reference year is very small in relation to the total stored in the forest - just over 0.05%. Second, a change in forest conditions, such as the very severe fire situation that developed in 1989, would change the balance to that of a net carbon source. For these reasons, Canada's forests are assumed to be roughly in balance with the global carbon cycle.(17)

B. Slashburning

In the context of the burning of forest biomass, it is appropriate to consider the matter of slashburning, also known as "prescribed fire," which is used in silvicultural programs to prepare harvested forest sites for replanting. Prescribed burning of slash wood residue and litter on the forest floor after harvest releases significant quantities of carbon dioxide and other gases to the atmosphere.

---

(16) Paul J. Crutzen and Meinrat O. Andreae, "Biomass Burning in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles," *Science*. Vol. 250, 21 December 1990, p. 1669-1678. (Also, quoted in Brian J. Stocks, 1990b.)

(17) Forestry Canada, Personal Communication, March 1991.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

The practice is well-established in British Columbia and Ontario, with the former being by far the greater user of the technique. In British Columbia, prescribed burning takes place on more than 100,000 ha each year: 137,596 ha in 1989, of which just over 73,000 ha was for silvicultural purposes. The remainder included large areas for range and wildlife habitat improvement. In Ontario, the total prescribed burned area averages less than 10,000 ha per year, mostly in the boreal forests of northern Ontario, away from major population centres.(18)

Slashburning for silviculture has been practised in B.C. since the early 1900s and is currently regulated in the province by the B.C. Forest Service under a permit system. For silviculture, slashburning is carried out "to reduce fire hazard, facilitate planting, provide a favourable environment for seedlings, and to eliminate diseases such as dwarf mistletoe."(19) As well as the release of smoke and greenhouse gases, the practice may also have other negative impacts, including possible reduction of long term nutrient supply and soil organic matter at the site, and elimination of beneficial micro-organisms.(20)

Significant quantities of CO_2 are released directly through slashburning but, if this material is not burned, it will eventually decompose on the forest floor and release its carbon through biological, rather than physical, processes. The time scale will be longer, but the result will be similar. It must also be kept in mind that prescribed burning for silviculture, like wildfire in the boreal forest, is followed by regeneration of the forest stand.

The new forest will sequester atmospheric carbon, converting it into wood through photosynthesis. Whether the amount of carbon recovered by the new managed forest will ultimately be greater than, less

---

(18) Bruce D. Lawson, "Where There is Fire, There's Smoke: A Global View of B.C.'s Prescribed Burning," Presentation at Panel Discussion on Smoke Management, Southern Interior Fire Management Committee, Cranbrook, B.C., 2 June 1990, p. 2.

(19) Forestry Canada, "Does Slashburning Increase Atmospheric Carbon Dioxide Levels?", *Focus on Forestry*, June 1990, p. 1.

(20) Peter Fuglem, "Prescribed Burning in British Columbia," B.C. Forest Service, Unpublished Note, 19 July 1990.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

than, or equal to that recovered by an unmanaged forest will depend on a number of factors. However, it is certain that the total contribution of CO_2 to the atmosphere from slashburning will be significantly less than that suggested by emission levels alone.

IMPACTS OF GLOBAL WARMING ON FORESTS

The discussion of possible impacts of global temperature increases and climate change on Canada's forests must commence with a clear recognition that there are enormous uncertainties associated with the various scenarios that have been advanced. However, there is a good consensus within the scientific community that some warming of the earth is probable and that regional climates will change in the future. The boreal forest, which forms the basis of much of Canada's forest resource and the industry it supports, is very sensitive to climate change:

> The structure and function of the boreal forest ecosystem is more clearly dependent on climate than many other ecosystems. Many characteristics of the boreal forest, including tree physiology and productivity, vegetation zones, fire, and insects and diseases are inextricably linked to climate.(21)

With a doubling of carbon dioxide in the atmosphere (the "2 x CO_2" scenario), the earth's surface temperature might increase by 1.5-4.5°C: this could happen by 2030 under a "business-as-usual" scenario, or as early as 2015 under a high-emission scenario. The effects will be even more severe in northern regions, particularly in Ontario and Quebec: temperature increases of "perhaps up to ten degrees or more are expected in parts of the boreal forest."(22) This level of warming occurring over the

---

(21) E.E. Wheaton and T. Singh, "Exploring the Implications of Climatic Change for the Boreal Forest and Forestry Economics of Western Canada", *Climate Change Digest*, CCD 8902, Environment Canada, 1989, p. 2.

(22) Forestry Canada, *Strategic Plan for Research on Climate Change 1990-1995*, Science Directorate, 21 March 1990, p. 1.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

next century would represent a rate of climate change ten times more rapid than forest trees and ecosystems have experienced during the past 10,000 years.(23)

The effect of climatic change on Canada's ecosystems is currently the subject of research at Environment Canada using a "climate-ecosystem response model" which permits the development of ecological scenarios under various climate regimes. In January 1990, the department, published a report on the "ecoclimatic provinces" of Canada under current conditions and under the warmer climate anticipated in 2050.(24) Table 1, taken from this report, lists the projected areal changes, while Figures 1 and 2 illustrate the current and projected ecoclimatic provinces on a map of Canada.

TABLE 1

ECOCLIMATIC PROVINCES OF CANADA

ECOCLIMATIC PROVINCE	AREA OF CANADA (%) CURRENT	FUTURE	CHANGE
Arctic	26	20	- 6
Subarctic	20	8	-12
Boreal	29	15	-14
Cool Temperate	4	15	+11
Moderate Temperate	<1	5	+ 5
Grassland	5	12	+ 7
Transitional Grassland	0	8	+ 8
Semi-Desert	0	2	+ 2

Source: Brian Rizzo, "The Ecosystems of Canada in 2050: a Scenario of Change," *State of the Environment Reporting*, Newsletter No. 5, Environment Canada, January 1990, p. 4-5.

(23) J.S. Maini (1989b), p. 22:8.

(24) Brian Rizzo, "The Ecosystems of Canada in 2050: a Scenario of Change," *State of the Environment Reporting*, Newsletter No. 5, Environment Canada, January 1990, p. 4-5.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

FIGURES 1 AND 2

FIG. 1

ECOCLIMATIC PROVINCES:
OF CANADA: 1990

FIG. 2

ECOCLIMATIC PROVINCES:
A 2050 SCENARIO

ECOCLIMATIC PROVINCES

1. ARCTIC
2. SUBARCTIC
3. BOREAL
   - 3a MARITIME BOREAL
   - 3b MOIST CONTINENTAL BOREAL
   - 3c DRY CONTINENTAL BOREAL
4. COOL TEMPERATE
5. MODERATE TEMPERATE
6. TRANSITIONAL GRASSLAND
7. GRASSLAND
8. SEMI-DESERT
9. UNCLASSED, CORDILLERAS NOT SHOWN

Source: Brian Rizzo, "The Ecosystems of Canada in 2050: a Scenario of Change," *State of the Environment Reporting*, Newsletter No. 5, Environment Canada, January 1990, p. 5.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

For forestry, the most dramatic changes will be in the size and location of the boreal forest ecoclimatic province. The boreal forest, currently occupying a wide swath that sweeps across Canada from Newfoundland to the Rocky Mountains and Alaska, making up some 82% of Canada's forested area, is projected to shrink by 14%. At the same time, the cool temperate and moderate temperate climatic zones, currently covering only small southern areas of Canada, will grow to 15% and 5% of Canadian territory, respectively. Similarly, the grassland zone is projected to expand to 12% of total area from its current 5%.

In rough terms, the climatic zone favouring the boreal forest will move much farther north and the temperate climate zone, which supports a deciduous forest, will expand northwards from its current restricted area in the southeast of Canada. The ecoclimate of Newfoundland will change from maritime boreal to moderate temperate, an ecoclimatic zone currently found only in southern Ontario.

Dr. J.S. Maini of Forestry Canada gave the Environment Committee a rough estimate of the impact of climate warming on Canada's forests:

> One of the things we have projected in Canada is that for every one degree centigrade change in temperature, the belts of forests, the boreal forests, the hardwood forests, the mixed wood forests, are likely to shift about 100 kilometres.(25)

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) provides the following, more detailed projection, based on computer simulations:

> Under the GISS 2 x CO_2 climate scenario the circumpolar boreal forest could shift some 500-1000 km northwards... The southern boundary of the Canadian boreal forest could shift some 470-920 km north, and the northern boundary some 80-720 km north... Under the GFDL scenario, however, the respective potential shifts could be 250-900 km and 100-730 km northward. Projected losses of potential boreal forest sites in the

---

(25) J.S. Maini (1989b), p. 22:9.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

> Canadian south could amount to 170 million ha, while gains in the north could amount to 70 million ha..., a net loss of 100 million ha.(26)

The time frame involved in a change in the type of forest is open to speculation. Although the climate in a particular region may become altered, it could take many decades, or even longer, for the species composition of a forest to change. A dramatic event such as a forest fire could, however, hasten such a change.

There are a number of factors which will be brought to bear on the productivity of Canadian forests in a warmer climate. It is impossible to be specific about the effects of any of these factors, but for purposes of policy assessment and planning it is essential to be cognizant of them.

It has already been noted that there could be a change in the zonal climates in Canada, with large areas becoming more suitable for deciduous or mixed wood forests, or grasslands, rather than for boreal species. Some areas could see faster tree growth as a consequence of warmer climate. Similarly, there could be a "fertilizer effect" from higher atmospheric CO_2 concentrations which would increase a tree's photosynthetic rate, and therefore its rate of growth. It is not certain, however, that this will occur: the fertilizer effect of higher CO_2 concentrations has been demonstrated with seedling trees but it is not known if mature trees will respond in the same way.

Paradoxically, a warmer climate may result in an increase in winter damage to some tree species. If a warmer climate produces a decrease in snowfall, the frost may penetrate deeper into the ground and damage tree roots. This type of damage has already been implicated in the decline and death of hardwood trees in Canada. The current serious decline

---

(26) Intergovernmental Panel on Climate Change, Draft Report of Working Group 2, *Likely Impacts of Climate Change*, Chapter 2, Section 3.4.1, 1990. (GISS is an acronym for the Goddard Institute for Space Studies; GFDL is an acronym for the Geophysics Fluid Dynamic Laboratories.)

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

of sugar maple forests, and other hardwood species, in eastern Canada may be due, at least in part, to this phenomenon.(27)

Forest productivity is generally higher in warmer, moister climates. In some areas of Canada, moisture may well become a limiting factor in parts of the forest ecosystem where lower levels of precipitation accompany increased temperatures, bringing about a decrease in forest productivity. Also, while the warmer climate theoretically may move the forest zone farther north, the actual development of forests in more northern regions will be subject to the availability of appropriate soil conditions. It is also possible that some northern lands in the Canadian prairies, now marginal for agriculture, could become more productive. If agriculture begins to encroach on existing forest lands, this could create land-use conflicts between agriculture and forestry.

The matter of forest diseases and insects is another concern. Some species of insect pests, prevalent in the United States, are restricted in activity in Canada's colder climate. Insect populations will certainly change in number and type with climate warming, very possibly to the detriment of the forest resource. One example is the balsam woolly aphid, a sucking insect which attacks balsam fir and damages the wood quality by staining the cells and which may also cause tree mortality. The distribution of this insect pest is currently restricted by cold winter temperatures, a situation that might change with global warming.

A second example is the eastern spruce budworm, an extremely serious insect pest that causes defoliation of a number of valuable conifer species, including balsam fir, white spruce, hemlock, and eastern larch. The budworm causes extensive tree damage and mortality in evergreen forests east of the Rock Mountains. In 1986, 25 million hectares of forest were dead or dying as a consequence of attacks by the budworm.(28) Budworm

---

(27) J. Peter Hall, "How Will the Projected Changes in Canada's Climate Affect the Sustainability of our Forests?", Forestry Canada, unpublished paper, 3 January 1991, p. 9.

(28) *Ibid.*, p.14.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

epidemics are usually preceded by two to three years of warm, dry spring weather, a scenario that might become more typical with global warming.

Diseases in Canadian forests yearly extract a significant toll in tree damage and mortality. As is the case with insects, many of these root and stem diseases are limited in distribution and severity by low temperatures, a situation that could change with climate warming. If a warming climate results in forest ecosystems becoming progressively less well-suited to their environments, increasing areas of forest will become stressed, a situation that typically renders trees more susceptible to attack by disease organisms, as well as by insect pests.

Forest ecosystems evolve very slowly, unlike grasslands or agricultural crops. Also, as was noted earlier, the pace of projected global warming will be unprecedented:

> ...we should recognize that forests ... are long living ecological entities. Many of our forests are 500, 700, 1,000 years old. In British Columbia there are many cases where you have forests more than 1,000 years old... the rate of (climate) change, which is likely to be 10 times more than what we have experienced over the last 10,000 years, is very crucial when we determine the likely impact on forests. Our forests have not had the experience of that kind of change.(29)

It was pointed out earlier that the tree species which now populate the Canadian boreal forest evolved in a cold climate. A warming of the climate could adversely affect the growth and reproduction of these species. They would also be at a competitive disadvantage compared to species which have evolved in a warmer climate. This might not have a major effect on standing stock but could have serious impacts on reforestation programs, whether accomplished through natural means or through human intervention.

While annual agricultural crop species can be improved and adapted fairly quickly to new environmental conditions through breeding programs, the same is not true for forest trees:

---

(29) J.S. Maini (1989b), p. 22:8.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

> In forestry, using the traditional breeding strategies it takes us 15 years before the trees even start flowering. So (to develop) the next generation of breeding of trees that are adapted to warmer or drier conditions... we really need a much longer lead time than agricultural people do.(30)

Reforestation programs in Canada and elsewhere are proceeding apace at a cost of hundreds of millions of dollars. While such programs are essential to the regeneration of growing stock, for a variety of purposes, there is a potential flaw in the planning, should global warming become significant in the next century. Current reforestation efforts utilize seedlings whose genetic characteristics are selected and matched to the geographic locale and the present climate regime. As Maini has noted, the match between climate and genetic traits may not hold:

> In Canada, for example, seedlings being planted today, at considerable cost, will be only half their commercially harvestable age by the year 2030, when they could be growing in a very different climate. We need to develop strategies to protect this investment - for example, by developing technologies to harvest and use smaller trees.(31)

An important variable in the overall forestry equation, which could have an enormous impact on standing stock, and thus on the future makeup of Canada's forests, is forest fires. The dramatic increase in the numbers of wildfires in Canada's forests in 1989, particularly in Manitoba, where huge areas of forest were burned, gave an indication of what can happen in the boreal forest under warm, dry climatic conditions. As was noted above, however, wildfire has been an integral part of the boreal forest ecosystem and the current mix of coniferous species in the boreal forest reflects the selective impact of past fires.

Under a warmer climate regime, wildfire may have a quite different impact. The conifers that now populate the boreal zone, and upon

---

(30) *Ibid.*, p. 22:1011.

(31) J.S. Maini, "Forests: Barometers of Environment and Economy", in, Constance Mungall and Digby J. McLaren (eds), *Planet Under Stress - The Challenge of Global Change*, Royal Society of Canada, 1990, p. 179.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

which much of Canada's forest industry is based, have evolved in, and become adapted to, a climate significantly cooler than that which is anticipated fifty or seventy years in the future as a consequence of global warming. In a changed climate regime, wildfire could effect significant species change in the boreal forest:

> It can ... be predicted that fire will act as a major agent in removing vegetation types that are no longer adapted to the changed climatic conditions, setting the stage for new combinations of plant species to invade burned areas.(32)

It is possible, then, that the character of the boreal forest could change fairly rapidly if wildfires become a major problem under a warmer climate regime. If major conflagrations do become a common occurrence in the boreal forest, very large amounts of CO_2 and other gases will be liberated. Depending on the magnitude of the fire problem, these wildfires could frustrate efforts to reduce the concentration of CO_2 in the atmosphere through restrictions on combustion of fossil fuels and other mitigative measures.

CONCLUSION

The importance of forests to Canada, both in economic and environmental terms, is indisputable. A warmer global climate may well have profound effects on the Canadian boreal forest, and at least some of these effects will not be beneficial. Climate change will have many effects on Canadian society and it is clear that both mitigative and adaptive strategies and programs will have to be designed now for implementation as changing circumstances dictate.

With the state of current knowledge of climatic processes and climate change, it is not possible to predict the extent or rate of

---

(32) Ross W. Wein and Edward H. Hogg, "Climate Change Moisture Stresses on Northern Coniferous Forests," in: G. Wall and M. Sanderson, eds., *Climate Change: Implications for Water and Ecological Resources*, Occasional Paper No. 11, Department of Geography, University of Waterloo, Ontario, 1990, p. 286.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

projected changes of anthropogenic origin. Given the large predictive uncertainties, the appropriate course of action for the Canadian forest sector is to develop policies and strategies which make good sense under the current climate regime, and which also will be appropriate for actions in a warmer climate scenario.

Appropriate forest management programs, based on sound science, are essential whether the climate changes in the next century or remains substantially the same as it is now. The development of such visionary programs will require an increased and firm commitment of funds by industry and by provincial and federal governments.

The "business-as-usual" approach is not acceptable in the context of pollution control as it has become very clear that anthropogenic emissions of greenhouse gases and other pollutants must be substantially reduced, both to prevent (or at least slow the rate of) possible global warming, and to reduce impacts on the biophysical environment and human health. Effective mitigative actions must be introduced on both a national and global scale.

The business-as-usual approach is also not appropriate for the management of Canada's forest resource. Forest management policies more effectively geared to the sustainability of forests are needed. The programs that are developed out of such policies must optimize the economic and environmental potentials of Canada's forests and must also be cognizant of the very real possibility that the climate in the present boreal forest regions may change in the near future.

SELECTED REFERENCES

Crutzen, Paul J. and Meinrat O. Andreae. "Biomass in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles." *Science*, Vol. 250, 21 December 1990.

Forestry Canada. *Strategic Plan for Research on Climate Change 1990-1995.* Science Directorate, 21 March 1990.

Forestry Canada. "Does Slashburning Increase Atmospheric Carbon Dioxide Levels?" *Focus on Forestry*, June 1990.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Forestry Canada. *1991-92 Estimates, Part III - Expenditure Plan.*

House of Commons. *Minutes of Proceedings and Evidence of the Standing Committee on Environment.* Issue No. 22. 21 November 1989.

House of Commons. *Forests of Canada: The Federal Role.* Report of the Standing Committee on Forestry and Fisheries, Sub-Committee on Forestry. Bud Bird, M.P., Chairman. November 1990, 171 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Draft Report of Working Group 2. *Likely Impacts of Climate Change.* Geneva, 1990.

Lawson, Bruce D. "Where There is Fire, There's Smoke: A Global View of B.C.'s Prescribed Burning." Presentation at Panel Discussion on Smoke Management. Southern Interior Fire Management Committee, Cranbrook, B.C., 2 June 1990.

Maini, J.S. "Forests: Barometers of Environment and Economy." In: Constance Mungall and Digby J. McLaren (editors). *Planet Under Stress - The Challenge of Global Change.* Royal Society of Canada, 1990.

Rizzo, Brian. "The Ecosystem of Canada in 2050: a Scenario of Change." *State of the Environment Reporting.* Newsletter No. 5. Environment Canada, January 1990.

Ross, W. Wein and Edward H. Hogg. "Climate Change Moisture Stresses on Northern Coniferous Forests." In: G. Wall and M. Sanderson (editors). *Climate Change: Implications for Water and Ecological Resources.* Occasional Paper No. 11. Department of Geography, University of Waterloo, Ontario, 1990.

Stocks, Brian J. "The Extent and Impact of Forest Fires in Northern Circumpolar Countries." Chapman Conference on Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications. Williamsburg, Virginia, 19-23 March 1990 (in press).

Wheaton, E.E. and T. Singh. "Exploring the Implications of Climatic Change for the Boreal Forest and Forestry Economics of Western Canada." *Climate Change Digest,* CCD 89-02, Environment Canada, 1989.

Étude générale BP-254F

LES FORÊTS ET LE RÉCHAUFFEMENT DE LA PLANÈTE

Thomas Curren
Division des sciences et de la technologie

Avril 1991

Bibliothèque du Parlement
Library of Parliament

Service de recherche

Le Service de recherche de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, il assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1991

N° de cat.

ISBN

YM32-2/254F
0-660-93340-3

THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

Page

LES FORÊTS DU CANADA..... 2

L'INDUSTRIE FORESTIÈRE..... 3

LA FORÊT COMME RÉSERVOIR DE CARBONE..... 4

LA GESTION DES FORÊTS..... 6

INCENDIES DE FORÊT ET BRÛLAGE DIRIGÉ..... 9
A. Incendies de forêt..... 10
B. Brûlage des débris de coupe..... 15

RÉPERCUSSIONS DU RÉCHAUFFEMENT DE LA PLANÈTE SUR LES FORÊTS..... 16

CONCLUSION..... 25

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE..... 26

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

LES FORÊTS ET LE RÉCHAUFFEMENT DE LA PLANÈTE

Près de la moitié de la superficie terrestre du Canada est couverte de forêts, lesquelles représentent globalement environ 10 p. 100 des terres forestières du monde. La forêt joue un rôle capital dans la mosaïque environnementale du pays et influe considérablement sur le climat, sur les bassins hydrographiques ainsi que sur l'habitat de la faune terrestre et aquatique. Elle fait également partie intégrante de la culture et du patrimoine des Canadiens. En 1989, un sondage national a révélé que trois Canadiens sur quatre "considèrent la forêt comme un trésor national à préserver pour les générations futures"(1).

Les forêts sont aussi importantes pour la santé économique du pays qu'elles le sont pour son intégrité environnementale. Le secteur forestier emploie un très grand nombre de travailleurs et est une importante source de revenus pour le gouvernement fédéral et les provinces. Il est clair, par conséquent, qu'une bonne gestion des forêts, qui comprend leur protection et leur régénération, est essentielle à la prospérité du pays.

L'"effet de serre", qui, d'après les experts, provoquera un réchauffement sensible de la planète au cours des prochaines décennies, est très réel. C'est cet effet qui maintient la température moyenne globale à la surface de la Terre à environ 15°C. Sans lui, cette température moyenne serait de -18°C, ce qui donnerait lieu à un climat trop rigoureux et froid pour la grande majorité des organismes vivants qui font l'immense diversité biologique de la planète. Les gaz à effet de serre qui

---

(1) Environics Research Group Limited, *1989 National Survey of Canadian Public Opinion on Forestry Issues - Final Report*, rapport établi pour le compte de Forêts Canada, Toronto, mai 1989, p. 9-10.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

contribuent au réchauffement de la planète sont le gaz carbonique (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde d'azote (NO) et les chlorofluorocarbures (CFC).

Le rapport qui existe entre les forêts du Canada d'une part et le changement climatique et le réchauffement de la planète d'autre part est significatif à plusieurs égards. Près de la moitié du réchauffement anticipé sera dû au CO_2, gaz omniprésent qui fait partie intégrante du cycle de croissance des forêts. En période de croissance, les forêts saines extraient du CO_2 de l'atmosphère et l'emmagasinent sous forme de carbone organique dans la fibre du bois. Les peuplements forestiers jouent donc le rôle de réservoirs dynamiques qui peuvent influer sur la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique. Cette activité biotique bénéfique a toutefois un pendant négatif, puisque les forêts constituent collectivement une gigantesque source potentielle d'émissions de CO_2.

On estime que, dans l'ensemble, les forêts du Canada ont un bilan équilibré du carbone, c'est-à-dire qu'elles absorbent autant de carbone de l'atmosphère qu'elles en libèrent. Par conséquent, elles ne pourront ralentir le réchauffement de la planète en absorbant le carbone de l'atmosphère que dans la mesure où leur superficie augmentera.

Si un réchauffement sensible se produit, il aura des effets importants, et peut-être fondamentaux, sur les ressources forestières du Canada. Un climat plus chaud et une plus forte concentration de CO_2 dans l'atmosphère auraient des répercussions sur la croissance, la survie et la reproduction des arbres et pourraient même changer la nature et l'étendue des forêts. De tels changements, s'ils avaient des effets sensibles sur la forêt exploitable, auraient des conséquences énormes, et probablement très négatives, pour l'économie canadienne.

LES FORÊTS DU CANADA

Pour comprendre les répercussions du réchauffement de la planète et les effets possibles d'un changement climatique sur les forêts du Canada, il est nécessaire de connaître la nature de celles-ci. Il y a dans le monde trois grandes catégories de forêts qui sont liées au régime climatique: les forêts équatoriales et tropicales, les forêts des zones

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

tempérées et les forêts des climats froids. C'est cette dernière catégorie qui prédomine au Canada.

La plupart des forêts canadiennes se situent dans la ceinture boréale froide, soit la région circumpolaire septentrionale qui comprend l'Alaska, la Sibérie, la Finlande, la Suède et la Norvège(2). Les forêts des zones tempérées, qu'on trouve dans plusieurs régions des États-Unis, se prolongent dans les régions tempérées du Canada, le long de la côte du Pacifique et dans le sud-ouest de l'Ontario. Dans le sud de l'Ontario, les étés chauds et humides ont permis le développement de la forêt de feuillus. En se déplaçant vers le nord, au Québec et en Ontario, en direction de la forêt boréale, on traverse des zones à peuplements mixtes où conifères et feuillus se retrouvent en proportions à peu près égales. En Colombie-Britannique, une forêt dominée par les conifères s'est développée dans le climat maritime frais et tempéré de la côte du Pacifique.

La forêt boréale, qui prédomine au Canada, est principalement composée de conifères: pin, épinette, mélèze et sapin. Elle occupe près de 80 p. 100 de l'ensemble des terres forestières du pays et constitue la base d'une grande partie de l'industrie forestière canadienne. Les essences de la zone boréale, établies il y a quelque 10 000 ans après le retrait des derniers glaciers, se sont adaptées à un climat caractérisé par un hiver long et très froid. Un changement climatique pourrait par conséquent avoir de profondes répercussions sur la croissance et la reproduction des conifères et modifier considérablement la composition des forêts de cette zone(3).

L'INDUSTRIE FORESTIÈRE

L'économie canadienne a énormément profité des ressources de la forêt. La valeur annuelle des expéditions de l'industrie forestière dépasse actuellement les 40 milliards de dollars. Premier secteur

---

(2) "Boréal" qualifie les régions et les végétaux de la zone septentrionale de l'hémisphère nord.

(3) C.R. Stanton, "Forest", *The Canadian Encyclopedia*, 2e édition, vol. II, Hurtig Publishers, 1988, p. 810.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

économique du pays, cette industrie produit un excédent commercial annuel d'environ 20 milliards de dollars. Le Canada est le plus grand exportateur mondial de produits forestiers: en 1987, ses exportations représentaient 21 p. 100 de l'ensemble des échanges mondiaux dans ce secteur(4). En 1988, la contribution du secteur forestier au produit intérieur brut s'est élevée à 3,6 p. 100.

On estime que l'industrie forestière emploie directement et indirectement entre 800 000 et un million de Canadiens. Elle constitue pratiquement la seule source d'activité économique dans près de 350 collectivités canadiennes, principalement dans les régions rurales du nord. Elle est également très importante pour l'économie de beaucoup d'autres villes et localités. Si les ressources forestières devaient faire l'objet d'une gestion intensive semblable à celle que pratiquent certains pays scandinaves, le secteur forestier pourrait non seulement conserver son importance dans l'économie canadienne, mais aussi se développer encore plus à l'avenir(5).

LA FORÊT COMME RÉSERVOIR DE CARBONE

Le gaz carbonique (CO_2) est produit par la combustion des composés organiques du carbone, comme le bois ou les combustibles fossiles. C'est également l'un des principaux sous-produits de la respiration des organismes vivants, y compris les arbres. Dans le processus de la respiration, des molécules de composés organiques du carbone, comme les sucres, se combinent à de l'oxygène, libérant de l'énergie qui maintient les fonctions vitales, ainsi que du gaz carbonique, qui est un déchet du processus. La décomposition des matières végétales en présence d'oxygène produit également du CO_2.

---

(4) J.S. Maini, "Effets du changement climatique prévu sur les forêts", Forêts Canada, Notes pour une présentation devant le Comité permanent de l'environnement, 21 novembre 1989a.

(5) Chambre des communes, *Les forêts du Canada: le rôle du fédéral*, Rapport du Sous-comité des forêts du Comité permanent des forêts et des pêches (sous la présidence de Bud Bird, député), novembre 1990, p. 3.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Les plantes absorbent le gaz carbonique de l'atmosphère par photosynthèse, série complexe de réactions dans laquelle du CO_2 et de l'eau se combinent sous l'action de l'énergie solaire, produisant des composés carboniques organiques et de l'oxygène. Sans photosynthèse, la vie sur la Terre serait pratiquement impossible. Ce processus est caractéristique des plantes "vertes" terrestres et aquatiques qui contiennent de la chlorophylle. Les forêts de la planète constituent collectivement un important foyer d'activité photosynthétique et jouent, de ce fait, un rôle capital dans le cycle du carbone et dans l'équation du réchauffement de la planète.

À mesure qu'un arbre grandit, il extrait du CO_2 de l'atmosphère, qu'il accumule et convertit en une série de composés organiques complexes formant le bois. Tant que l'arbre est en croissance, il continue à emmagasiner du carbone. Voilà pourquoi on dit que les forêts constituent un "réservoir" de carbone extrait de l'atmosphère. Le sol des forêts emmagasine encore plus de carbone organique que les peuplements forestiers. Il existe en outre d'importants gisements de tourbe riche en carbone organique un peu partout dans la zone des forêts boréales de conifères.

C'est dans les premières années d'un peuplement, lorsque les arbres croissent à un rythme rapide, que la fixation du carbone extrait de l'amosphère est la plus efficace; les arbres absorbent alors plus de CO_2 par photosynthèse qu'ils n'en libèrent en respirant. Cependant, à mesure qu'un peuplement mûrit, la quantité de gaz carbonique libérée par respiration augmente et, à un moment donné, la quantité de carbone produite par respiration et décomposition dépasse la quantité absorbée par photosynthèse.

Enfin, lorsque le peuplement devient âgé et que les arbres commencent à mourir, il y a une libération nette de carbone dans l'atmosphère. Cela ne veut pas dire cependant qu'il faut abattre les vieilles forêts et les remplacer par des semis pour accroître la taille du réservoir de carbone. Les vieilles forêts ont une valeur écologique et culturelle intrinsèque, et une somme considérable de données recueillies à leur sujet montre qu'il importe de les préserver.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Une fois qu'un arbre est abattu, une partie de son carbone peut être libérée dans l'atmosphère assez rapidement si on coupe et brûle les petites branches, l'écorce et le feuillage ou si on les laisse se décomposer sur le sol de la forêt. De même, un arbre qui brûle dans un incendie libère très rapidement une grande quantité de gaz carbonique et d'autres gaz.

Si le bois de l'arbre sert à construire un bâtiment ou à fabriquer ,des produits relativement permanents, le carbone demeurera prisonnier pendant des décennies ou même des siècles. Cependant, s'il est brûlé comme combustible ou converti en papier ou en produits chimiques d'une durée utile limitée, tout le carbone accumulé peut assez rapidement être libéré dans l'atmosphère.

Les questions de reboisement et de déforestation sont très importantes dans le contexte du réchauffement de la planète. Le reboisement consiste à replanter des arbres dans une forêt commerciale après exploitation. La déforestation, qui consiste à utiliser les terres forestières pour l'agriculture ou l'habitation ou pour d'autres usages de façon permanente, contribue à l'augmentation de la teneur dc l'atmosphère en CO_2, en partie par réduction de l'activité photosynthétique globale et en partie par libération du carbone accumulé dans la biomasse forestière. Aujourd'hui, c'est la déforestation qui a cours dans les pays tropicaux, notamment dans la forêt pluviale du Brésil, qui retient le plus l'attention du monde.

LA GESTION DES FORÊTS

Une bonne gestion est essentielle au maintien d'une forêt saine et productive à des fins commerciales, récréatives et écologiques. Dans le contexte du réchauffement de la planète, une telle gestion revêt encore plus d'importance parce qu'une forêt bien gérée, caractérisée par une croissance vigoureuse, extrait plus de carbone de l'atmosphère qu'un peuplement mal aménagé. Une bonne gestion forestière, particulièrement la régénération rapide des zones exploitées par reboisement artificiel ou naturel, et la réduction des pertes dues aux incendies, aux insectes et aux

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

maladies, peut constituer une partie de la solution au problème du réchauffement. Dans les pays développés, y compris le Canada, l'exploitation commerciale intensive des forêts et les pertes dues à d'autres causes n'ont pas toujours été compensées par des programmes adéquats de reboisement.

Dans son témoignage devant le Comité permanent de l'environnement de la Chambre des communes, M. J.S. Maini, de Forêts Canada, a déclaré que les terres forestières productives inventoriées du Canada totalisent 244 millions d'hectares, dont 7 p. 100, ou 17 millions d'hectares, étaient classés TIR en 1989. Les terres classées TIR sont des:

> [...] terres insuffisamment reboisées, c'est-à-dire des terres forestières productives coupées à blanc qui ne se sont pas du tout ou pas complètement rétablies par régénération naturelle ou artificielle. Pour être considéré comme régénéré, un peuplement doit contenir un minimum d'arbres sains, bien établis et libres de croître, en nombre suffisant pour être commercialisables à l'âge de rotation(6).

L'élément clé de cette définition est que les zones en question doivent contenir des peuplements marchands pour ne pas être classées TIR. Bien que la plupart des terres forestières ainsi classées ne comportent pas actuellement de peuplements de qualité commerciale, elles sont quand même couvertes d'une forme ou d'une autre de végétation qui extrait une certaine quantité de carbone de l'atmosphère. M. Maini a dit au Comité que même si le reboisement de ces 17 millions d'hectares n'apporterait qu'une faible contribution positive au bilan du carbone à l'échelle mondiale, il influerait sensiblement sur ce bilan au Canada(7).

Dans leur témoignage devant le Comité permanent de l'environnement, des responsables de Forêts Canada ont déclaré que la situation des TIR s'était récemment améliorée: "[...] au cours des cinq dernières années, par des ententes forestières fédérales-provinciales à frais partagés, qui ont coûté plus d'un milliard de dollars, près de 1,3 milliard de plants ont été mis en terre sur plus de 1 million

---

(6) J.S. Maini, 1989a.

(7) *Ibid.*

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

d'hectares(8). Cependant, le problème des terres insuffisamment reboisées demeure. En 1988, par exemple, la différence entre les superficies exploitées et les superficies qui s'étaient naturellement régénérées ou qui avaient été reboisées par ensemencement s'est élevée à 198 000 hectares(9).

Les responsables de Forêts Canada ont également dit que le gouvernement fédéral participerait avec les provinces au reboisement des TIR "à condition que les provinces et l'industrie s'occupent du reboisement des terres actuellement exploitées"(10). Le directeur du développement forestier de Forêts Canada a estimé, pour sa part que si la superficie des TIR n'augmentait plus et que si les fonds prévus dans les ententes forestières fédérales-provinciales étaient entièrement affectés à l'arriéré de TIR, avec un effort soutenu, "on pourrait régler le problème de ces terres insuffisamment reboisées en 10 ou 20 ans"(11).

La question des ententes forestières fédérales-provinciales revêt une grande importance dans le contexte de la gestion des forêts et du reboisement des TIR. La plupart des terres forestières du Canada relèvent de la compétence provinciale. Les accords fédéraux-provinciaux relatifs aux forêts prennent le plus souvent la forme d'"ententes sur la mise en valeur des ressources forestières" (EMVRF) administrées par le gouvernement fédéral et les provinces. En 1989, le gouvernement fédéral avait conclu de telles ententes avec Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard, l'Ontario, la Saskatchewan, l'Alberta et la Colombie-Britannique. Il avait également signé d'autres formes d'ententes avec le Nouveau-Brunswick, le Québec et le Manitoba.

---

(8) J.S. Maini, Chambre des communes, *Procès-verbaux et témoignages du Comité permanent de l'environnement*, fascicule n° 22, 21 novembre 1989b, p. 22:11.

(9) Forêts Canada, *Budget des dépenses 1991-1992, Partie III, Plan de dépenses*, p. 31.

(10) J.S. Maini, 1989b, p. 22:16.

(11) John Forster, Chambre des communes, *Procès-verbaux et témoignages du Comité permanent de l'environnement*, fascicule n° 22, 21 novembre 1989, p. 22:17.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

La plupart de ces ententes sont maintenant expirées, y compris les EMVRF conclues avec l'Ontario, la Saskatchewan et l'Alberta (31 mars 1989) et avec Terre-Neuve et la Colombie-Britannique (31 mars 1990). Les ententes avec le Québec et le Manitoba sont également expirées. De nouveaux accords ont été signés avec la Nouvelle-Écosse et le Nouveau- Brunswick vers la fin de mars 1990 et une nouvelle EMVRF avec la Colombie- Britannique a été annoncée en février 1991. La négociation de nouvelle ententes se poursuit actuellement avec les autres provinces.

INCENDIES DE FORÊT ET BRÛLAGE DIRIGÉ

Les feux qui ont lieu dans une forêt, qu'il s'agisse d'incendies ou de brûlage dirigé, ont des effets évidents sur le réchauffement de la planète: toute combustion provoque la libération rapide de grandes quantités de CO_2 et de volumes moindres d'autres gaz, surtout le méthane, qui contribuent beaucoup plus à l'effet de serre que le gaz carbonique. La destruction de peuplements forestiers réduit en outre l'activité photosynthétique globale, contribuant ainsi à l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO_2.

Il est cependant faux de conclure que les incendies n'ont que des effets négatifs sur l'environnement forestier. Ils constituent en fait un facteur environnemental significatif de l'évolution de la forêt boréale:

> L'influence décisive des incendies de forêt sur le développement de l'écosystème et la composition de la forêt boréale est aussi évidente que facile à comprendre. De vastes peuplements contigus d'épinettes et de pins d'âge homogène dominent le paysage. Cette mosaïque irrégulière résultant de grands incendies périodiques témoigne d'une adaptation millénaire des essences de la forêt boréale aux incendies naturels. Nous sommes en présence d'un exemple classique d'écosystème dépendant du feu, capable, durant les périodes particulièrement propices aux incendies, de

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

survivre aux feux les plus dévastateurs auxquels il doit en fait son existence(12).

A. Incendies de forêt

Les incendies de forêt peuvent toucher d'immenses superficies, surtout dans les régions inhabitées. Le grand incendie de Chine, qui s'est produit au début du printemps 1987 à la frontière sino-soviétique, a détruit plus de 1,1 million d'hectares. Au même moment, des incendies encore plus importants dévastaient les forêts boréales de la Sibérie (certains s'étendaient sur des zones de 2 millions d'hectares). Au total, la cinquantaine d'incendies qui ont ravagé la Sibérie en 1987 ont détruit environ 10 millions d'hectares de forêts.

Au Canada, l'incidence des incendies de forêt a fait l'objet d'études approfondies, des statistiques détaillées étant tenues depuis 1920. Les données recueillies montrent que la fréquence annuelle des incendies a augmenté régulièrement au cours des 60 dernières années, passant d'environ 6 000 par an dans la période 1930-1960 à près de 10 000 dans les années 80. Cette hausse est attribuée à l'accroissement démographique, qui a augmenté l'utilisation des forêts, ainsi qu'au perfectionnement des moyens de détection des incendies dans les régions les plus isolées.

Le nombre d'incendies n'est pas nécessairement proportionnel à la superficie brûlée, cette dernière étant en fait caractérisée par des fluctuations annuelles considérables. Entre 1920 et 1960, l'étendue des surfaces détruites a diminué; elle s'est toutefois énormément accrue dans les années 80, surtout parce qu'il y a eu de courtes périodes pendant lesquelles des conditions extrêmement propices aux incendies ont existé dans l'ouest et le centre du Canada. Entre 1980 et 1989, le nombre annuel moyen d'incendies a été de 9 618, tandis que la superficie moyenne des forêts détruites s'est établie à 2,44 millions d'hectares. En 1989, soit

---

(12) Brian J. Stocks, "The Extent and Impact of Forest Fires in Northern Circumpolar Countries", *Chapman Conference on Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic and Biospheric Implications*, Williamsburg (Virginie), 19-23 mars 1990 (sous presse) (traduction). [À moins d'indication contraire, les données présentées ci-après sont tirées de ce document.]

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

la pire année jamais enregistrée, plus de 11 000 incendies ont détruit plus de 6,4 millions d'hectares de forêts(13).

En septembre 1990, la saison des incendies de forêt pour cette année-là était considérée comme "moyenne", le nombre d'incendies déclarés s'étant élevé à 9 057(14). À 839 570 hectares, la superficie détruite était nettement inférieure à la moyenne pour la période 1980-1989; elle se trouvait principalement dans l'ouest du Canada (51,6 p. 100 du total au Yukon, dans les Territoires du Nord-Ouest et en Saskatchewan). Le Manitoba, qui avait connu d'énormes incendies en 1989, en a enregistré 482 en 1990, portant sur une superficie totale de 16 794 hectares. Cette année-là c'est l'Ontario qui a subi les plus grosses pertes, avec 181 252 hectares détruits. Comme c'est ordinairement le cas, un nombre relativement peu nombreux d'incendies a détruit la plus grande partie des forêts perdues; en 1990, 4 p. 100 des incendies ont consumé 54,6 p. 100 des superficies touchées.

Les statistiques sur les causes des incendies indiquent les rapports qui existent entre ces derniers et les multiples usages que les Canadiens font de la forêt: 65 p. 100 des incendies sont dus à des activités humaines et les 35 p. 100 restants, à la foudre. Cependant, 85 p. 100 de la superficie détruite l'est par des incendies causés par la foudre car ces derniers se produisent au hasard, le plus souvent dans des régions isolées. Ils sont donc détectés plus tard et ils sont difficiles à combattre parce qu'ils se trouvent dans des secteurs difficiles d'accès; ils risquent donc d'être bien établis avant que des mesures efficaces ne puissent être prises.

Au Canada, la lutte contre les incendies de forêt est très bien organisée, comme en témoigne le fait qu'une très grande majorité des incendies sont rapidement maîtrisés: seuls de 2 à 3 p. 100 d'entre eux consument plus de 200 hectares, mais ils détruisent de 97 à 98 p. 100 de la

---

(13) Brian J. Stocks, "Global Warming and the Forest Fire Business in Canada", Canada/United States Symposium on the Impacts of Climate Change and Variability on the Great Plains, Calgary (Alberta), 11-13 septembre 1990 (sous presse).

(14) Forêts Canada, communication personnelle, février 1991.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

superficie totale des forêts touchées. Depuis 1920, le pourcentage de petits incendies a constamment augmenté, tandis que celui des grands incendies a diminué, ce qui témoigne du succès des programmes de lutte contre les incendies de forêt.

Beaucoup de provinces ont défini des zones de basse priorité dans lesquelles on laisse les incendies suivre leur cours, la priorité étant établie en fonction de la valeur attribuée aux ressources forestières en cause., Dans les années 80, cette façon d'agir a entraîné une augmentation du nombre des grands incendies en Ontario. Elle a été en partie adoptée pour des raisons économiques, la lutte contre les incendies étant extrêmement coûteuse dans les régions isolées.

Par ailleurs, comme nous l'avons dit plus haut, le feu est un élément naturel de l'écosystème boréal, et il joue un rôle dynamique dans la reproduction et le renouvellement des forêts. Il y a également lieu de noter que lorsqu'un incendie consume une forêt, le carbone organique emmagasiné dans les arbres n'est pas complètement libéré dans l'atmosphère. En général, les racines, qui constituent environ 30 p. 100 de l'ensemble de la biomasse forestière, ne brûlent pas.

De plus, on estime qu'en moyenne, 20 p. 100 seulement de la partie aérienne des arbres se consument vraiment, le reste demeurant dans le sol sous forme de matières organiques ou de charbon de bois(15). Par conséquent, comme les incendies contribuent positivement au renouvellement de la forêt boréale, il est possible qu'en définitive, ils provoquent globalement un stockage net de carbone dans la biomasse.

Avant l'apparition de conditions météorologiques très propices aux incendies au cours de la dernière décennie, on croyait en général que les dégâts dus aux incendies continueraient à diminuer au Canada au fur et à mesure que les moyens de gestion et de contrôle des incendies de forêt s'amélioreraient. Le fait que cela ne se soit pas produit donne une idée de ce qui pourrait nous attendre si les conditions propices aux incendies s'accentuaient sous un nouveau régime climatique.

---

(15) W. Seiler et P.J. Crutzen, 1980, cités dans Christopher P. Da Silva, "Role of the Canadian Forest in the CO_2 Issue", Centre climatologique canadien, Environnement Canada, 1er mai 1982, p. 18.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

La communauté scientifique et même les milieux politiques se rendent maintenant compte que la combustion de la biomasse à l'échelle du globe a des incidences sensibles sur la composition de l'atmosphère et sur le réchauffement du climat. Bien que la destruction des forêts et la combustion de la biomasse dans les régions tropicales retiennent beaucoup d'attention à l'heure actuelle, des recherches sont en cours pour déterminer les répercussions de la combustion de la biomasse dans l'hémisphère nord. Depuis plusieurs années, le Canada et les États-Unis étudient conjointement l'évolution et les effets atmosphériques des grands incendies dans la forêt boréale canadienne.

Ces recherches ont permis notamment d'établir la composition des fumées dégagées par ces incendies. Combinées aux statistiques existantes, les données obtenues ont servi à faire des estimations de la contribution des incendies de forêt de l'hémisphère nord à la teneur de l'atmosphère terrestre en gaz à l'état de trace. Quatre-vingt-neuf pour cent de la quantité totale de carbone libérée durant un incendie dans la forêt boréale le sont sous forme de CO_2 et 9 p. 100, sous forme d'oxyde de carbone. Les 2 p. 100 restants sont libérés sous forme de méthane (CH_4) et d'autres hydrocarbures. D'après les estimations faites, la combustion d'un kilogramme de carbone produit les émissions suivantes: 1 500 g de gaz carbonique, 150 g d'oxyde de carbone et 15 g de méthane et d'autres hydrocarbures.

En combinant ces chiffres aux statistiques concernant les superficies détruites par les incendies dans la région circumpolaire septentrionale, on a estimé les émissions totales de gaz à l'état de trace que produisent ces incendies. En moyenne, environ 70 téragrammes (1 Tg = 1 billion de grammes ou 1 million de tonnes) de carbone sont consumés par des incendies chaque année, ce qui représente 105 Tg de gaz carbonique, 10,5 Tg d'oxyde de carbone et 1,1 Tg de méthane et d'autres hydrocarbures.

Ces chiffres doivent être examinés dans le contexte des émissions mondiales totales de gaz à effet de serre provenant de la combustion de la biomasse. D'après les estimations les plus récentes, entre 2 000 et 5 000 Tg de carbone sont libérés tous les ans, princi-

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

palement par combustion de la savane (prairies tropicales) et par déforestation des régions tropicales. Par conséquent, si l'on suppose que les différentes estimations sont exactes, les incendies de forêt dans la région circumpolaire septentrionale ne contribuent que dans une proportion de 1,4 à 3,5 p. 100 aux émissions mondiales de carbone dues à la combustion de la biomasse(16).

Forêts Canada a essayé d'estimer le bilan du carbone des terres forestières du Canada, c'est-à-dire la différence entre la quantité de carbone extrait de l'atmosphère absorbée par les feuillages et la quantité de carbone que les forêts libèrent dans l'atmosphère par suite de la respiration des arbres, des incendies de forêts, de l'exploitation commerciale et des effets des insectes, des maladies et d'autres perturbations. De toute évidence, c'est là une tâche énorme et d'une extrême complexité, compte tenu de l'immensité des superficies en cause et de la multitude des essences d'arbres et des autres formes de végétation.

Quoi qu'il en soit, Forêts Canada a fait une estimation du bilan du carbone des forêts canadiennes en se basant sur les données de 1986. D'après les chiffres obtenus, les forêts du Canada ont un stock total de carbone de 225 milliards de tonnes et en avaient accumulé, en 1986, 116 millions de tonnes de plus qu'elles n'en avaient libéré. Il y a cependant deux facteurs à ne pas perdre de vue. D'abord, l'excédent accumulé dans l'année à l'étude est extrêmement faible par rapport au stock total, puisqu'il ne représente qu'un peu plus de 0,05 p. 100 de ce dernier. Ensuite, un changement des conditions de la forêt, comme les graves incendies qui se sont produits en 1989, peut facilement transformer l'excédent de carbone accumulé en un excédent de carbone libéré. Pour ces raisons, on admet en général que le bilan du carbone des forêts canadiennes est approximativement équilibré(17).

---

(16) Paul J. Crutzen et Meinrat O. Andreae, "Biomass Burning in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycle", *Science*, vol. 250, 21 décembre 1990, p. 1669-1678 (également cité dans B.J. Stocks, 1990b).

(17) Forêts Canada, communication personnelle, mars 1991.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

B. Brûlage des débris de coupe

Il convient, dans le contexte de la combustion de la biomasse forestière, d'examiner la question du "brûlage dirigé" des débris de coupe qui sert à préparer au reboisement les zones exploitées, dans les programmes sylvicoles. Le brûlage des déchets des débris de coupe et de la litière accumulés sur le sol des forêts après leur exploitation libère dans l'atmosphère d'importantes quantités de gaz carbonique et d'autres gaz.

Cette pratique est courante en Ontario et surtout en Colombie-Britannique. Dans cette dernière province, elle touche plus de 100 000 hectares par an. En 1989, les superficies brûlées y ont totalisé 137 596 hectares, dont un peu plus de 73 000 ont été traités à des fins sylvicoles, le reste ayant été brûlé pour améliorer l'habitat de la faune. En Ontario, les superficies soumises au brûlage dirigé totalisent moins de 10 000 hectares par an et se trouvent principalement dans les forêts boréales du nord de la province, à l'écart des grandes agglomérations urbaines(18).

Le brûlage dirigé est pratiqué en Colombie-Britannique à des fins sylvicoles depuis le début du siècle. Il est actuellement réglementé par le Service provincial des forêts dans le cadre d'un système de permis. Il a pour but "de réduire les dangers d'incendie, de faciliter le reboisement, d'établir un milieu favorable à la croissance des semis et d'éliminer les maladies telles que le faux-gui"(19). Outre l'émission de fumée et de gaz à effet de serre, cette pratique pourrait avoir d'autres effets négatifs, notamment la réduction possible à long terme des sources d'éléments nutritifs et de matières organiques dans le sol et l'élimination de micro-organismes utiles(20).

Le brûlage dirigé libère directement des quantités importantes de CO_2. Cependant, si les débris ne sont pas brûlés, ils

---

(18) Bruce D. Lawson, "Where There is Fire, There's Smoke: A Global View of B.C.'s Prescribed Burning", exposé présenté lors d'un atelier sur la gestion des fumées du Southern Interior Fire Management Committee, Cranbrook (Colombie-Britannique), 2 juin 1990, p. 2.

(19) Forêts Canada, "Does Slashburning Increase Atmospheric Carbon Dioxide Levels?", *Focus on Forestry*, juin 1990, p. 1.

(20) Peter Fuglem, "Prescribed Burning in British Columbia", Service des forêts de la Colombie-Britannique, document inédit, 19 juillet 1990.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

finissent par se décomposer sur le sol de la forêt, libérant quand même leur carbone par des processus biologiques plutôt que physiques. Bien sûr, cela se fait sur une plus longue période, mais le résultat est semblable. Il ne faut pas perdre de vue non plus que, comme les incendies de la forêt boréale, le brûlage pratiqué à des fins sylvicoles est suivi d'une régénération des peuplements.

La nouvelle forêt captera le carbone de l'atmosphère, le convertissant en bois par photosynthèse. La question de savoir si la quantité de carbone ainsi stockée sera en définitive supérieure, inférieure ou égale à celle d'une forêt non aménagée dépend d'un certain nombre de facteurs. Il est cependant certain que les émissions nettes de CO_2 dans l'atmosphère dues au brûlage dirigé sont nettement inférieures aux quantités directement libérées au moment de la combustion.

RÉPERCUSSIONS DU RÉCHAUFFEMENT DE LA PLANÈTE SUR LES FORÊTS

Avant d'entreprendre un examen des répercussions possibles d'un réchauffement de la planète et de changements climatiques sur les forêts du Canada, il importe de se rendre compte que les différents scénarios proposés comportent tous des incertitudes considérables. Cependant, la communauté scientifique s'accorde en général pour penser qu'un certain réchauffement de la Terre est probable et que les climats régionaux se modifieront à l'avenir. La forêt boréale, qui constitue la base des ressources et de l'industrie forestières du Canada, serait très sensible à une modification du climat:

> La structure et le fonctionnement de l'écosystème de la forêts boréale dépend (sic) très nettement du climat comparativement à un bon nombre d'autres écosystèmes. De nombreuses caractéristiques de la forêt boréale, notamment la physiologie et la productivité des essences, les zones de végétation, les incendies de forêts, les insectes et les maladies, sont inextricablement liées au climat(21).

---

(21) E.E. Wheaton et T. Singh, "Exploration de l'incidence du changement climatique sur la forêt boréale et l'économie forestière de l'Ouest du Canada", *Le Sommaire du changement climatique*, SCC 8902, Environnement Canada, 1989, p. 2.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Avec un doublement de la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique (scénario "2 x CO_2"), la température à la surface de la Terre pourrait s'élever de 1,5 à 4,5°C. Cela pourrait se produire vers 2030 dans un scénario de maintien du statu quo ou même vers 2015, si les émissions augmentent au-delà des niveaux actuels. Les répercussions seraient encore plus accentuées dans les régions septentrionales, particulièrement en Ontario et au Québec: des hausses de température "pouvant peut-être atteindre dix degrés ou plus sont prévues dans certaines parties de la forêt boréale"(22). Ce degré de réchauffement au cours du prochain siècle constituerait un rythme de changement climatique dix fois plus rapide que celui que les arbres et les écosystèmes de la forêt ont connu au cours des 10 000 dernières années(23).

Environnement Canada se sert actuellement d'un "modèle de réaction climat-écosystème" pour étudier les effets d'un changement de climat sur les écosystèmes du Canada. Le modèle permet de mettre au point des scénarios écologiques dans le cadre de différents régimes climatiques. En janvier 1990, le ministère a publié un rapport comparant les "provinces écoclimatiques" du Canada dans les conditions actuelles et dans les conditions de réchauffement prévues pour 2050(24). Le tableau 1, tiré de ce rapport, indique les changements prévus des zones climatiques, tandis que les figures 1 et 2 présentent les provinces écoclimatiques actuelles et projetées sur une carte du Canada.

Pour ce qui est des ressources forestières, les changements les plus spectaculaires toucheront la taille et l'emplacement de la province écoclimatique de la forêt boréale, qui occupe actuellement une vaste bande de territoire traversant le Canada, de Terre-Neuve aux Rocheuses, et s'étendant jusqu'à l'Alaska. D'après les prévisions, la forêt boréale, qui constitue quelque 82 p. 100 des terres forestières

---

(22) Forêts Canada, *Plan stratégique de recherche sur le changement du climat 1990-1995,* Direction générale des sciences, 21 mars 1990, p. 1.

(23) J.S. Maini, 1989b, p. 22:8.

(24) Brian Rizzo, "Les écosystèmes du Canada en 2050: un scénario", *Rapports sur l'état de l'environnement,* bulletin n° 5, Environnement Canada, janvier 1990, p. 4 et 5.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

TABLEAU 1

PROVINCES ÉCOCLIMATIQUES DU CANADA

	POURCENTAGE DE LA SUPERFICIE DU CANADA		
PROVINCE ÉCOCLIMATIQUE	Actuellement	En 2050	Changement
Arctique	26	20	- 6
Subarctique	20	8	-12
Boréale	29	15	-14
Tempérée froide	4	15	+11
Tempérée modérée	1	5	+ 5
Prairies	5	12	+ 7
Prairies de transition	0	8	+ 8
Semi-désertique	0	2	+ 2

Source: Brian Rizzo, "Les écosystèmes du Canada en 2050: un scénario", *Rapports sur l'état de l'environnement*, bulletin n° 5, Environnement Canada, janvier 1990, p. 4 et 5.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

FIGURES 1 ET 2

FIG. 1

PROVINCES ÉCOCLIMATIQUES
AU CANADA EN 1990

FIG. 2

PROVINCES ÉCOCLIMATIQUES
EN L'AN 2050, UN SCÉNARIO

PROVINCES ÉCOCLIMATIQUES

1. ARCTIQUE
2. SUBARCTIQUE
3. BORÉALE
   - 3a BORÉALE MARITIME
   - 3b BORÉALE CONTINENTALE HUMIDE
   - 3c BORÉALE CONTINENTALE SÈCHE
4. TEMPÉRÉE FROIDE
5. TEMPÉRÉE MODÉRÉE
6. PRAIRIES DE TRANSITION
7. PRAIRIES
8. SEMI-DÉSERTIQUE
9. NON CLASSIFIÉE

Source: Brian Rizzo, "les écosystèmes du Canada en 2050: un scénario", *Rapport sur l'état de l'environnement*, bulletin n° 5, Environnement Canada, janvier 1990, p. 4 et 5.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

canadiennes, rétrécira de 14 p. 100. En même temps, les zones climatiques tempérées froides et modérées, qui ne couvrent aujourd'hui que de petites régions du sud du Canada, occuperont respectivement 15 et 5 p. 100 du territoire, tandis que la superficie de la zone des Prairies passera de 5 à 12 p. 100 de la superficie totale du pays.

En gros, la zone climatique favorisant la forêt boréale se déplacera très sensiblement vers le nord. La zone tempérée, plus propice à la forêt de feuillus, s'étendra aussi vers le nord, alors qu'elle est actuellement limitée au sud-est du Canada. L'écoclimat boréal maritime de Terre-Neuve passera à un régime tempéré modéré qu'on ne retrouve actuellement que dans le sud de l'Ontario.

M. J.S. Maini, de Forêts Canada, a présenté au Comité de l'environnement une estimation approximative des répercussions du réchauffement du climat sur les forêts du Canada:

> Selon l'une de ces extrapolations faites au Canada, pour chaque modification de température d'un degré centigrade, les ceintures forestières, les forêts boréales, les forêts d'arbres feuillus et les forêts à essences mixtes vont se déplacer d'une centaine de kilomètre(25).

Le Groupe intergouvernemental de l'évolution du climat a établi des projections plus détaillées en se basant sur des simulations par ordinateur:

> D'après le scénario GISS 2 x CO_2, la forêt boréale circumpolaire pourrait déplacer de quelque 500 à 1 000 km vers le nord. [...] La limite sud de la forêt boréale canadienne pourrait se déplacer de 470 à 920 km vers le nord, tandis que la limite nord monterait de 80 à 720 km. [...] D'après le scénario GFDL, cependant, les déplacements possibles respectifs seraient de 250 à 900 km et de 100 à 730 km vers le nord. Les pertes possibles de la forêt boréale dans le sud du Canada pourraient s'élever à 170 millions d'hectares, tandis que les gains dans le nord n'atteindraient que 70 millions d'hectares [...] ce qui représenterait une perte nette de 100 millions d'hectares(26).

---

(25) J.S. Maini, 1989b, p. 22:8.

(26) Groupe intergouvernemental de l'évolution du climat, Rapport préliminaire du groupe de travail 2, *Likely Impacts of Climate Change*, chapitre 2, section 3.4.1, 1990 (traduction). (GISS: Goddard Institute for Space Studies; GFDL: Geophysics Fluid Dynamics (Laboratories.)

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Il est extrêmement difficile d'estimer le temps que pourrait mettre la forêt pour changer de type. Bien que le climat d'une région particulière puisse changer, une évolution sensible de la composition des peuplements forestiers pourrait prendre des décennies, voire des siècles. Cependant, un événement tel qu'un grand incendie de forêt pourrait accélérer une telle évolution.

Un certain nombre de facteurs pourraient influer sur la productivité des forêts canadiennes dans un climat plus chaud. Il est possible de décrire avec précision les effets de n'importe lequel de ces facteurs, mais il est essentiel de les connaître, à des fins d'évaluation et de planification.

Nous avons déjà noté que les zones climatiques du Canada pourraient changer, provoquant dans de grandes régions des conditions plus favorables aux forêts de feuillus et aux peuplements mixtes qu'aux essences de la forêt boréale. Dans certaines régions, un climat plus chaud pourrait favoriser une croissance plus rapide des arbres. De même, une plus forte concentration de CO_2 dans l'atmosphère pourrait avoir un "effet fertilisant" qui intensifierait l'activité photosynthétique et, partant, le rythme de croissance de la forêt. Cela n'est cependant pas certain: l'effet fertilisant a été démontré dans le cas des très jeunes arbres, mais on ne sait pas s'il agit de la même façon sur les peuplements mûrs.

Paradoxalement, un climat plus chaud pourrait amener certaines essences à devenir plus vulnérables aux rigueurs de l'hiver. En effet, si un réchauffement devait réduire les chutes de neige, le gel pourrait pénétrer plus profondément dans le sol et endommager ainsi les racines des arbres. Certains experts ont déjà partiellement attribué à ce phénomène le déclin et la mort de quelques essences de feuillus, notamment les érables de l'est du Canada(27).

En général, la productivité des forêts croît avec la chaleur et l'humidité du climat. Dans certaines régions du Canada où le réchauffement pourrait s'accompagner d'une baisse des précipitations, la

---

(27) J. Peter Hall, "How Will the Projected Changes in Canada's Climate Affect the Sustainability of our Forests?", Forêts Canada, document inédit, 3 janvier 1991, p. 9.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

productivité des forêts pourrait baisser malgré la hausse de la température. De plus, même si le réchauffement peut théoriquement déplacer la zone forestière vers le nord du pays, le développement effectif de forêts dans les régions septentrionales dépendrait de la nature du sol. Il est également possible que certaines terres des Prairies canadiennes, actuellement considérées comme marginales à des fins agricoles, puissent devenir plus productives. Des conflits d'utilisation pourraient également survenir si l'agriculture commençait à empiéter sur les terres forestières existantes.

Il faut également songer aux maladies et aux insectes de la forêt. Certains insectes nuisibles qu'on trouve couramment aux États-Unis ne s'attaquent pas aux forêts canadiennes parce qu'ils ne peuvent survivre aux rigueurs de notre climat. Un réchauffement modifierait sûrement la nature et le nombre des populations d'insectes, très probablement au détriment de nos ressources forestières. Ce serait le cas, par exemple, du puceron lanigère du sapin, insecte suceur qui s'attaque au sapin baumier, tachant les fibres du bois et pouvant même tuer l'arbre. Nos hivers froids limitent actuellement la propagation du puceron lanigère, mais un réchauffement pourrait modifier cette situation.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette est un second exemple intéressant. Cet insecte extrêmement nuisible détruit le feuillage de plusieurs essences de conifères d'une grande valeur économique, comme le sapin baumier, l'épinette blanche, la pruche et le mélèze laricin. La tordeuse cause de grands dégâts, détruisant d'importantes superficies de forêts de conifères à l'est des Rocheuses. En 1986, elle avait détruit ou était en voie de détruire 25 millions d'hectares de forêts(28). Les grandes attaques de la tordeuse suivent ordinairement des périodes de deux ou trois ans marquées par des printemps chauds et secs. De telles périodes pourraient bien se multiplier par suite du réchauffement de la planète.

Dans les forêts canadiennes, les maladies causent tous les ans des dégâts assez importants. Comme dans le cas des insectes, la propagation et la gravité de beaucoup des maladies qui atteignent le tronc

---

(28) *Ibid.*, p. 14.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

et les racines des arbres sont limitées par le temps froid, ce qui pourrait changer en cas de réchauffement du climat. Si un climat moins rigoureux rend les écosystèmes forestiers progressivement moins bien adaptés à leur environnement, des régions de plus en plus vastes de la forêt seront soumises à des contraintes qui augmenteront la vulnérabilité des arbres aux organismes pathogènes et aux insectes nuisibles.

Contrairement aux prairies et aux terres agricoles, les écosystèmes forestiers évoluent très lentement. Or, comme nous l'avons noté plus haut, le réchauffement prévu de la planète se produira à un rythme sans précédent:

> [...] on doit savoir que les forêts [...] sont des entités écologiques ayant une certaine longévité. Beaucoup de nos forêts remontent à 500, 700 ou 1 000 ans. En fait, de nombreuses forêts de la Colombie-Britannique ont plus d'un millénaire. [...] L'allure du changement [climatique], qui sera probablement 10 fois plus élevée que ce qu'elle a été au cours des 10 derniers millénaires, revêt une importance cruciale pour qui cherche à déterminer son incidence probable sur les forêts. Les forêts canadiennes n'ont jamais connu jusqu'ici un changement aussi rapide(29).

Nous avons dit plus haut que les essences de la forêt boréale canadienne ont évolué dans un climat froid. Un réchauffement pourrait donc se répercuter négativement sur leur croissance et leur reproduction et les défavoriser par rapport à des essences qui ont évolué dans un climat plus doux. Le changement du climat n'aurait peut-être pas d'effets majeurs sur les peuplements forestiers, mais il pourrait bien avoir des répercussions sérieuses sur le reboisement naturel et artificiel.

En agriculture, il est relativement facile d'améliorer les espèces destinées aux récoltes annuelles et de les adapter rapidement à de nouvelles conditions environnementales. Il n'en est cependant pas de même dans le cas des espèces forestières:

> En foresterie, si nous utilisons les techniques traditionnelles d'obtention, il faut 15 ans avant qu'un arbre commence même à fleurir. Il nous faudra donc

---

(29) J.S. Maini, 1989b, p. 22:7-8.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

> réellement beaucoup plus de temps qu'à nos collègues de l'agriculture pour obtenir la prochaine génération d'arbres qui s'adapteront à un climat plus chaud et plus sec(30).

Au Canada et ailleurs, des centaines de millions de dollars sont consacrés aux programmes de reboisement. Si ces programmes sont essentiels à la régénération des peuplements à diverses fins, leur planification pourrait comporter une déficience de base si le réchauffement de la planète était important au cours du prochain siècle. Dans les programmes actuels de reboisement, on a recours à des semis dont les caractéristiques génétiques ont été sélectionnées en fonction du lieu géographique et du régime climatique actuel. Comme Maini l'a noté, ces traits génétiques ne seront peut-être plus adaptés au climat dans un certain temps:

> Ainsi, au Canada, les jeunes plants actuellement remis en terre, à grands frais, n'auront atteint que la moitié de leur âge d'ici l'année 2030, alors que le climat pourrait être radicalement différent. Il faut à tout prix élaborer des plans pour protéger cet investissement, en mettant au point des techniques d'abattage et d'exploitation d'arbres de plus petite taille par exemple(31).

Les incendies de forêt constituent une importante variable de la situation forestière globale, qui pourrait avoir d'énormes répercussions sur les peuplements forestiers et, partant, sur la composition future des forêts du Canada. L'accroissement spectaculaire du nombre d'incendies en 1989, particulièrement au Manitoba où d'immenses superficies de terres forestières ont été détruites, donne une idée de ce qui pourrait se produire dans la forêt boréale dans un régime climatique chaud et sec. Cependant, comme nous l'avons déjà signalé, les incendies répartition actuelle des différentes essences de conifères reflète l'action sélective des incendies du passé.

---

(30) *Ibid.*, p. 22:10-11.

(31) J.S. Maini, "La forêt: baromètre de l'environnement et de l'économie," dans Constance Mungall et Digby J. McLaren (éd.), *La Terre en péril: métamorphose d'une planète*, Société Royale du Canada, Ottawa, Université d'Ottawa, 1990, p. 195.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Dans un climat plus chaud, les incendies pourraient avoir des effets très différents. Les conifères qui peuplent actuellement la zone boréale et dont dépend une grande partie de l'industrie forestière canadienne se sont adaptés à un climat sensiblement plus froid que celui qu'on prévoit dans cinquante à soixante-dix ans par suite du réchauffement de la planète. Dans un régime climatique différent, les incendies pourraient modifier considérablement la composition de la forêt boréale:

> On peut [...] prédire que le feu jouera un rôle de premier plan dans la disparition des espèces végétales qui ne seront plus adaptées au changement des conditions climatiques, favorisant ainsi l'invasion des régions brûlées par de nouvelles combinaisons d'essences(32).

Il est donc possible que la nature de la forêt boréale change assez rapidement si les incendies de forêt se multiplient dans un climat plus chaud. De grands incendies assez fréquents pourraient libérer d'énormes quantités de CO_2 et d'autres gaz et, par conséquent, selon l'importance du problème, réduire à néant les efforts déployés par ailleurs pour abaisser la teneur de l'atmosphère en CO_2 par la limitation de l'utilisation des combustibles fossiles et l'adoption d'autres mesures d'atténuation.

CONCLUSION

Au Canada, l'importance économique et environnementale des forêts est indiscutable. Un réchauffement du climat pourrait avoir d'importantes répercussions sur la forêt boréale et sur la société canadienne, dont certaines seront sûrement négatives. Il est donc clair qu'il faut concevoir dès maintenant des stratégies et des programmes d'atténuation et d'adaptation, à mettre en oeuvre au fur et à mesure que les circonstances le dicteront.

---

(32) Ross W. Wein et Edward H. Hogg, "Climate Change Moisture Stresses on Northern Coniferous forests", dans G. Wall et M. Sanderson (éd.), *Climate Change: Implications for Water and Ecological Resources*, document de travail n° 11, département de géographie, Université de Waterloo (Ontario), 1990, p. 286 (traduction).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Compte tenu de l'état actuel des connaissances dans le domaine des processus et des changements climatiques, il est impossible de prédire l'étendue ou le rythme des modifications d'origine anthropique anticipées. Le secteur forestier canadien devrait donc mettre au point des politiques et des stratégies qui sont adaptées au régime climatique actuel, mais qui permettraient aussi de réagir en cas de réchauffement du climat.

Des programmes appropriés de gestion des forêts, basés sur des faits scientifiques démontrés, seront essentiels, que le climat change ou reste pratiquement le même au cours du prochain siècle. La mise au point de tels programmes éclairés nécessitera d'importants engagements financiers à long terme de la part de l'industrie et des autorités provinciales et fédérales.

Le scénario de maintien du statu quo est inacceptable dans le contexte de la lutte contre la pollution. Il est en effet très clair que les émissions anthropiques de gaz à effet de serre et d'autres polluants doivent être sensiblement réduites si l'on veut prévenir ou tout au moins ralentir le rythme du réchauffement de la planète et, en même temps, réduire l'incidence sur l'environnement biophysique et sur la santé humaine. Des mesures efficaces d'atténuation sont par conséquent indispensables à l'échelle nationale et mondiale.

Le statu quo est également incompatible avec une bonne gestion des ressources forestières du Canada. Nous avons besoin de politiques de gestion davantage axées sur la durabilité des forêts. Les programmes issus de ces politiques doivent permettre d'optimiser le potentiel économique et environnemental des forêts canadiennes et, en même temps, tenir compte de la possibilité très réelle que le climat de l'actuelle forêt boréale change dans un proche avenir.

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

Chambre des communes. *Procès-verbaux et témoignages du Comité permanent de l'environnement*. Fascicule n° 22, 21 novembre 1989.

Chambre des communes. *Les forêts du Canada: le rôle du fédéral*. Rapport du Sous-comité des forêts du Comité permanent des forêts et des pêches (sous la présidence du Bud Bird, député). Novembre 1990, 171 p.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Crutzen, Paul J. and Meinrat O. Andreae. "Biomass in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles". *Science*, vol. 250, 21 décembre 1990.

Forêts Canada. Plan stratégique de recherche sur le changement du climat 1991-1995. Direction générale des sciences, 21 mars 1990.

Forêts Canada. "Does Slashburning Increase Atmospheric Carbon Dioxide Levels?". *Focus on Forestry*, juin 1990.

Forêts Canada. *Budget des dépenses 1991-1992, Partie III, Plan de dépenses.*

Groupe intergouvernemental de l'évolution du climat. Rapport préliminaire du groupe de travail 2. *Likely Impacts of Climate Change.* Genève, 1990.

Lawson, Bruce D. "Where There is Fire, There's Smoke: A Global View of B.C.'s Prescribed Burning". Exposé présenté à un atelier sur la gestion des fumées. Southern Interior Fire Management Committee, Cranbrook, (C.-B.), 2 juin 1990.

Maini, J.S. "La forêt: baromètre de l'environnement et de l'économie". Constance Mungall and Digby J. McLaren (éd.). *La Terre en péril: métamorphose d'une planète.* Société royale du Canada, Ottawa, Université d'Ottawa, 1990.

Rizzo, Brian. "Les écosystèmes du Canada en 2050: un scénario". *Rapports sur l'état de l'environnement.* Bulletin n° 5, Environnement Canada, janvier 1990.

Ross, W. Wein and Edward H. Hogg. "Climate Change Moisture Stresses on Northern Coniferous Forests". G. Wall and M. Sanderson (éd.). *Climate Change: Implications for Water and Ecological Resources.* Document de travail n° 11. Département de géographie, Université de Waterloo (Ontario), 1990.

Stocks, Brian J. "The Extent and Impact of Forest Fires in Northern Circumpoar Countries". Chapman Conference on Global biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications. Williamsburg (Virginie), 19-23 mars 1990 (sous presse).

Wheaton, E.E. and T. Singh. "Exploration de l'incidence du changement climatique sur la forêt boréale et l'économie forestière de l'ouest du Canada". *Sommaire du changement climatique.* SCC 89-02, Environnement Canada, 1989.